

## **РЕГУЛЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ АВТОМОБІЛЬНОГО ПНЕВМОДВИГУНА КОМБІНОВАНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ (КЕУ)**

**Тесленко Едуард Вікторович**, асистент каф.ДВЗ,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [teslenkoev21@gmail.com](mailto:teslenkoev21@gmail.com)

**Хомутов Максим Анатолійович**, аспірант  
e-mail: [m.a.homutov@gmail.com](mailto:m.a.homutov@gmail.com)

Для сучасного міського автомобільного транспорту стає актуальним застосування екологічно чистих, у тому числі комбінованих, енергетичних установок (КЕУ) [1], при використанні яких на деяких режимах експлуатації автомобіля можливо короткочасно відмовитися від роботи двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) замінивши його на альтернативний, що знаходиться в складі КЕУ.

Пневматичні двигуни (ПД) при використанні у складі КЕУ мають ряд переваг у порівнянні з електричними (простота та безпека конструкції, менша вага обладнання при застосуванні сучасних матеріалів, робота в умовах вибухота пожежонебезпечності, відсутність шкідливого електромагнітного випромінювання, немає необхідності в утилізації акумуляторів та ін.) [2].

Комбінована енергетична установка із застосуванням ПД та ДВЗ передбачає різні компоновальні схеми розміщення агрегатів. При використанні КЕУ на автотранспорті краще виглядає суміщена схема, при якій ПД і ДВЗ розміщені в одному корпусі, але працюють по черзі за рахунок зміни роботи систем впуску, запалення (за наявності) та живлення. При такій схемі для підігріву стисненого повітря та підтримки теплового балансу використовується теплота, що виділилася внаслідок роботи ДВЗ. Теплота може бути використана від нагрітих деталей ДВЗ, систем охолодження та масляної, вихлопних газів, теплових акумуляторів.

Під час роботи енергетичної установки можна виділити два режими роботи. Перший – режим роботи ПД при частоті обертання  $0 - 800$  хв-1; другий - режим роботи ДВЗ при досягненні частоти обертання валу  $800$  хв-1 і більше. Робота автомобільної КЕУ першому режимі доцільна під час руху у заторах, властивих міському руху; у підземних паркінгах; у місцях з підвищеною пожежонебезпечністю та ін.

Реалізувати перемикання режимів можливо за рахунок застосування електрогідравлічного приводу клапанів, отримуючи можливість змінювати тактність. Для плавного переходу з одного режиму на інший необхідно узгодити криві потужності і крутного моменту, ПД і ДВЗ приближені криві двох режимів (рис. 1).

Поршневий ПД має дві можливості для регулювання потужності та крутного моменту. Перший спосіб - регулювання за рахунок тиску повітря, що подається в циліндр, другий - за рахунок зміни тривалості процесу наповнення (від моменту повного розширення до моменту повного наповнення, (рис. 2).

Результати попереднього дослідження наведено нижче.

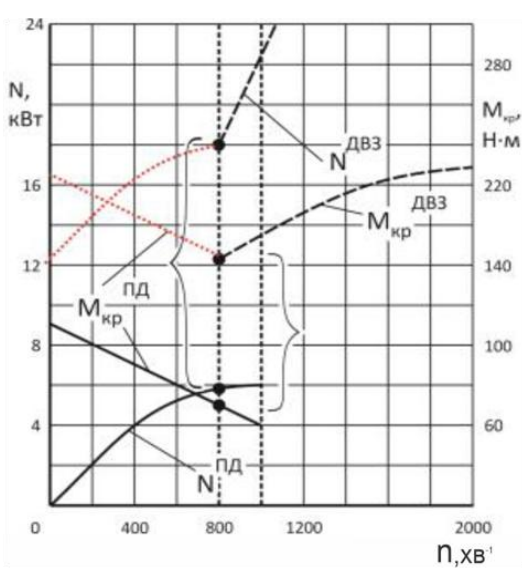


Рисунок 1 – Швидкісні характеристики  
КЕУ

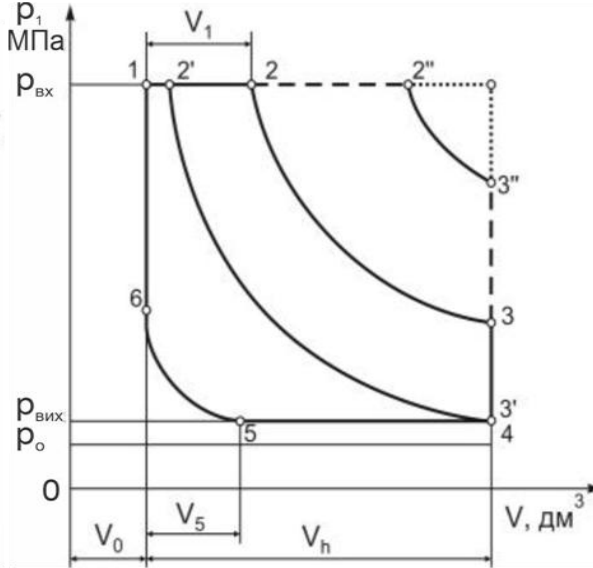


Рисунок 2 – Індикаторна  
діаграма ПД

На рис. 3 наведено результати розрахункових випробувань ПД. З підвищенням тиску від 0,5 до 1,1 МПа при оборотах колінчастого валу 800 хв<sup>-1</sup> (холостий хід ДВЗ) потужність зростає до 6 кВт, а крутний момент ПД - Мкр до 70 Н•м.

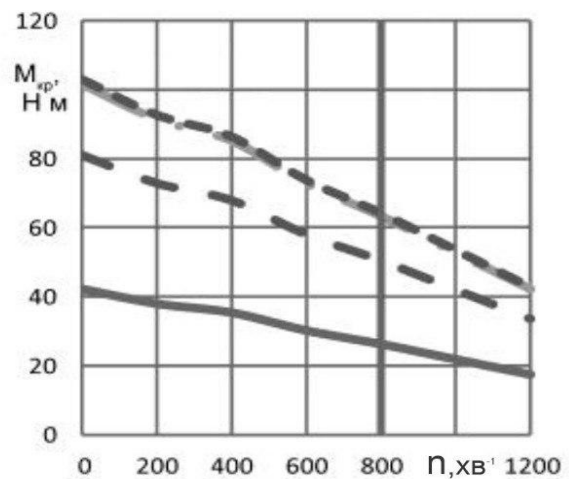
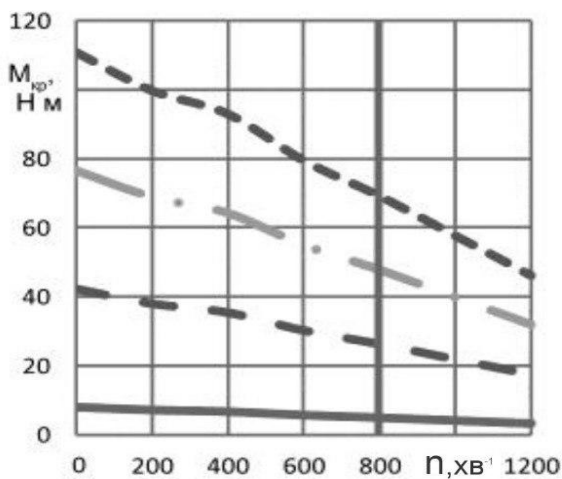


Рисунок 3 – Зміна крутного моменту ПД КЕУ на базі ДВЗ 4Ч 9,2/9,2  
(Рвх = 0,5-1,1 МПа, φ = 60-180 град. п.к.в.)

В залежності від тривалості процесу наповнення потужність ПД  $N_e$  зі збільшенням кута з 60 до 180 град. п.к.в. при оборотах колінчастого валу 800 хв<sup>-1</sup> становить 5,5 кВт., а крутний момент -  $M_{кр} = 65$  Н•м (рис. 3).

Під час роботи ПД у складі комбінованої енергетичної установки без підігріву стисненого повітря витрати пального та токсичність газів, що відпрацювали, дорівнюють нулю.

Достовірність побудованих моделей підтверджується проведенням порівняльного аналізу розрахункових та експериментальних даних, які узгоджувалися з результатами досліджень інших авторів.

### **Висновки**

Статична модель ПД дозволяє визначити величини тиску стисненого повітря на впуску і фази газорозподілу для узгодження кривих потужності і крутного моменту при переході КЕУ між режимами роботи ПД і ДВЗ. Графічна інтерпретація результатів показала, що зі збільшенням тривалості впуску стиснутого повітря більш ніж 135 град. п.к.в. зміна потужності та крутного моменту не спостерігається. Для узгодження показників роботи ПД і ДВЗ необхідно застосовувати редуктор з плавним регулюванням тиску стисненого повітря та керованих електрогідравлічних клапанів для зміни кута початку та тривалості впуску стисненого повітря.

### **Література**

1. Туренко А.М. Про вибір параметрів поршневого пневмодвигуна, що працює у складі гібридної енергоустановки автомобіля - А.М. Туренко, В.О. Богомолів, Ф.І. Абрамчук [та ін] // Автомобільний транспорт: зб. наук. тр. ХНАДУ. - 2008. - Вип. 22. - С. 7-16. - ISSN 2219-8342.
2. Воронков О.І. Концепція створення пневматичного двигуна для автомобіля: монографія О.І. Воронков, Д.Б. Глушкова, А.В. Гнатов, В.О. Карпенко та ін. – Харків: ХНАДУ, 2019. – 256 с. - Бібліогр.: с. 230-251. - 300 прим.

## **ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING THE OPTIMAL CONTROL OF AN ELECTRIC VEHICLE**

**Bazhynov Oleksiy**, Professor of the Department of Technical Operation and Service of Vehicles, Kharkiv National Automobile and Highway University,  
e-mail: alexey.bazhinov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5755-8553

**Maria Vesela**, Dipartimento di Economia, Impresa, Matematica e Statistica,  
Università degli Studi di Trieste, Italia,  
e-mail: mves357@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9318-9110

### **Introduction**

The need to protect the environment is having an increasingly important impact on the development of the automotive industry. The task of eliminating the damage caused by modern cars, i.e. exhaust gas pollution, is becoming more urgent. The growing level of air pollution in large cities has raised the issue of developing a set of measures to reduce the content of toxic substances in the atmosphere.

The bulk of toxic emissions into the atmosphere are accounted for by road transport. This leads to requirements for the automotive industry to reduce the level